豌豆芽菜生產技術之探討*

何偉真　黃洋宮　林正雄**
種苗改良繁殖場

摘　　要

由澳洲進口之褐色豌豆種子（Australian Dun pea），其價格及品質適於作為綠色豌豆芽菜生產用。豌豆種子四百公克浸於流動清水中浸泡6—8小時，經次氯酸鈣消毒，再播於水稻育苗盤上。育苗盤以吸水紙爲介質，使用方便、衛生、清潔，適於取代慣用的碎泡棉。

種子播種後，初期置於黑暗生長箱，23±3℃條件下培育４天，然後移到一層遮陰網下光照培育，視冬、夏溫度差異，培育4～6天後採收。採收苗高約10～12公分。每公克乾燥種子之採收指數為1.63。綠色芽菜的生長受溫度、浸種時間、播種量、播種介質、種子品質、暗期及光照培養時間影響，但與種子大小無明顯相關。芽菜採收後，宜儘快食用，以避免纖維增加，降低食用品質。

一、前　　言

「芽菜」為植物種子發芽後的幼苗充當蔬菜之總稱。植物的幼苗，不但鮮嫩可口，且富含多種維生素和礦物質。其生產期短，一般僅需數天，且大多不需施用農葯及肥料。在今日談農葯及亞硝酸鹽含量過高而色變的時代，食用植物種子剛發芽的幼苗，不啻是最能令消費者心安的清潔衛生蔬菜了。中國人早就習於熟食白色綠豆芽和黃豆芽。西洋人則常生吃綠色苜蓿芽。日本人亦喜以蘿蔔芽菜（俗稱蘿蔔嬰）佐食。綠色芽菜因富含葉綠素和較多的纖維素，而更加符合現代人所追求之健康食品的標準。其生產期短，亦使其成為颱風過後之最佳補充綠色葉菜。因此，生產清潔衛生，供生食或熟食之綠色芽菜的培育技術，乃成為各方所殷求。

用植物種子在短時間內培育成可供食用的嫩芽，在有系統的設備及規劃下，此種生產過程宛如一條生產線，因而博得了「植物芽菜工廠」的美名。目前農業生產日益趨向精緻化及高品質化，植物芽菜工廠的產品正合於此一目標。尤其近年來綠色豌豆芽菜，已廣受消費大衆所喜愛，本文擬就其生產技術詳加說明，以供業者及家庭趣味栽培者參考。

* 本研究承蒙行政院農委會經費補助，謹此致謝。

** 作者依序為種苗改良繁殖場副研究員兼課長、副研究員、約聘助理。

二、材料及方法

(一)供試豌豆品種

本文中除非特別聲明，所用的豆子均為自澳洲進口的食品級褐色豌豆品種（Dun pea）。在品種比較試驗中，則加入台中９號、11號及12號、法國大莢、FM007、008、009、010及011、Maple，Marrowfat，Perfection Dark Skin 和 White Peas 等國內外引進之品種和種子級之 Dun Pea 供試（圖１）。

(二)種子浸種

將豌豆種子用清水沖洗後，以慢速流動水浸種2～24小時。浸種後用0.5%次氯酸鈣浸泡30分鐘，隨即播在60×30×3公分的水稻育苗盤內，盤內放置二層黃褐色吸水紙。種子浸水時間、吸水量、大小、成熟度及硬實率等對芽菜生產的影響，一一記錄分析之。種子滲漏值是用電導度測定機（Suntex SC-17A）單粒測定所得。

(三)播種介質及播種量

為了解不同介質及播種量對芽菜生產的影響，在60×30×3公分的水稻育苗盤內不充填或充填約２公分高之真珠石、蛭石、鋸木屑粉、稻殼、粉碎玉米穗軸、碎泡棉等或每盤裝填40公克之 PEG（Polyethylene Glycol, MW 6,000,碎片狀）。此外，有一處理為每盤內充填２公分高之稻殼混入10公克 PEG，另一處理為盤內舖放二層黃褐色吸水紙，總共10個處理。

播種量試驗，以乾燥種子200、250、300、350、400、450、500和550公克浸種後播於盤內，記錄芽菜產量，並分析每公克乾燥種子換算成新鮮芽菜之產量指數。

(四)黑暗及光照培育

播種後的育苗盤，用鐵架間隔，放置於不照光之生長箱內，其溫度維持於23±3℃，隨時加濕或視需要澆水，使種子保持濕潤而發芽整齊。經2-6天暗期培育，種子萌芽8-13公分左右，移出於溫室內照光。上面並架設一層75%遮陰網，降低晴天光照量。澆水以定時噴霧或人工定時澆灌之。芽菜生育期間，調查生長速度和種子乾物重之變化及轉移。乾物重的測定為將材料置於70℃烘箱中48小時後稱重而得。光照培育期計4-6天，視溫度高低而異。

(五)芽菜採收

以剪刀採收嫩芽，最下端殘留２公分，其餘部份全部採收、稱重。並以抗切割力物性測定儀（Rhoemeter N.R.M. 201JCW, g／cm²）測定每間隔１公分之幼芽的纖維含量變化。

(六)標準試驗

除非特別說明之試驗項目，其餘的試驗都是以四百公克澳洲褐色豌豆品種，浸種６小時，經0.5%次氯酸鈣浸泡30分鐘後，播種於鋪放二層黃色吸水紙之60×30×3公分的水稻育苗盤內，在暗期，23±3℃培育４天，再移到架有一層75%遮陰網之玻璃溫室內光照４天。採收時由種子部份算起２公分以上的綠色幼芽，採取稱重比較之。所有試驗均為四重覆。

三、結　　果

(一)品種比較試驗

在供試十三個品種中，除了對照組之 Dun pea 為食品級外，其他都是種子級種子。當中以法國大莢、台中９號、11號和12號產量皆不遜於對照之 Dun pea，法國大莢產量最高，台

中 11 號次之。FM-008, Marrowfat, Perfection Dark Skin 和 White pea 等品種產量遠低於對照品種，且種子腐爛嚴重（圖 2），豆苗收量不及對照種之 20%。Dun pea 每公克乾燥種子的芽菜產量指數為 1.55～1.65 之間，視培育條件而異。以株高而言，台中 9 號最高，平均為 12.5 公分，因此，豆苗較為瘦長。台中 11 號、12 號及 FM-007 株高在 10～10.5 公分之間，Dun pea 為 9.5～10 公分高；法國大莢約 8.75 公分，幼苗較粗壯（圖 3）。

㈡種子品質、浸種與產量之相關

⑴種子大小

Dun pea 種子先經初步精選，去除破碎及不飽滿種子後，再經 ♯12（孔目 12／64 吋）或 ♯14（孔目 14／64 吋）篩網分出大小，或再經比重分離機精選。不同等級之種子對芽菜產量的影響均不顯著。

⑵種子成熟度與硬實率

Dun pea 愈近成熟的種子，由綠色漸轉為赤褐色。因此由種子的顏色可區分為綠熟及褐熟兩級別。二者以綠熟種子產量較高，約多 25%（圖 4）。在浸種過程中，種子浸水 12 小時以上，種皮仍皺縮而子粒堅硬者，在本試驗中通稱為硬實種子。綠熟種子中，硬實種子佔 6% 左右，紅熟種子僅佔約 1%。但綠色硬實種子播種後平均發芽速度較快，約 2.58 日，紅色硬實種子為 3.23 日，非硬實種子發芽只需 1.13 天。

⑶浸種時間與種子吸水量及滲漏值之變化

在浸種 2-24 小時之測驗中，種子浸水 4 小時後吸水力趨緩。浸水 6-8 小時的吸水量，其溼重與乾重之比值約介於 1.63～1.69 之間，浸種 24 小時之吸水指數為 1.83。因此一般生產操作，浸種時間 6-8 小時，種子吸水已達60%以上。浸種時間超過 12 小時，種子腐爛率增加。

乾燥種子一浸水後，即有電解質由種皮中滲漏出來。以電導度測定儀（Suntex SC-17A）測量電導度（μA／seed／4c.c.）時發現，綠色種子之前 4 小時滲漏值較低，平均為 14.98，紅色種子則為20.08。但浸水 8 小時後二者滲漏值相近約為24。隨著浸水時間加長，種子滲漏值增加。在24小時後量得綠色種子為30.87，紅色種子為41.80。由此項實驗顯示，Dun pea 浸種時間愈長，種子滲漏愈多。

㈢播種介質及播種量

播種介質之比較試驗結果顯示，保水力強的介質，豆苗產量較高。稻殼中添加 PEG 比單獨使用 PEG 效果好，其產量和使用泡棉為介質者相近，較吸水紙約高出15～20%。以真珠石為介質，產量最差，比吸水紙低28%。其餘之介質，效果中等。

每盤播種量200～550公克之試驗中，單位面積產量以550公克播種量最高，但換算為每公克芽菜產量指數，則以350～400公克播種量之芽菜產量指數最高，約為1.63。

㈣黑暗及光照培育

⑴黑暗培育

豌豆種子播種後，在黑暗之生長箱內培育2-6天，其暗期的長短與芽菜產量有關。黑暗培育3-4天後移出照光（圖 5），綠色芽菜產量最高。暗期過長除了產量降低外，幼苗形狀太瘦長，亦是缺點。

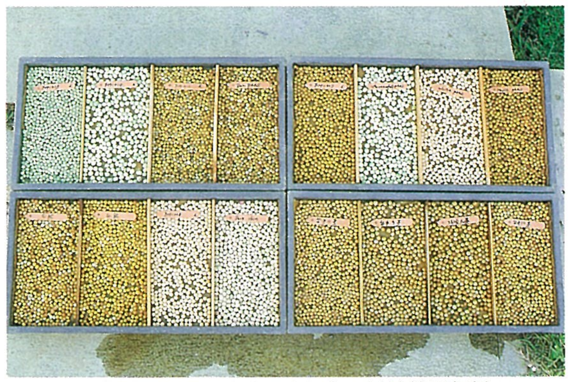
圖1. 不同豌豆品種，種皮顏色及皺縮情形相異。

圖2. White pea豌豆品種播種後第四天種子腐爛情形。

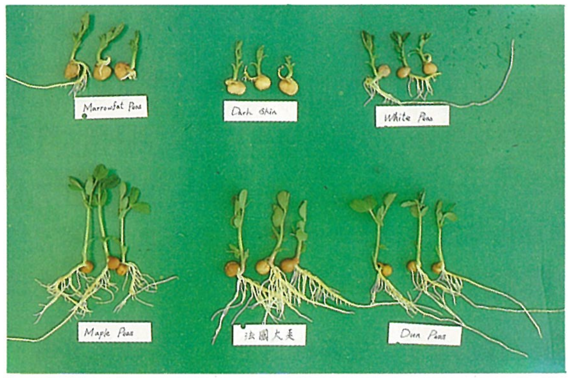
圖3. 不同品種豌豆播種後第六天之生長情形。

圖4. 綠色及褐紅色 Dun pea播種後第七天之生育情形。

圖5. 豌豆種子播種後第四天自黑暗生長箱移出之情形。

圖6. 在一層遮陰網下光照培育 2天（左）及4天（右）之豌豆芽。

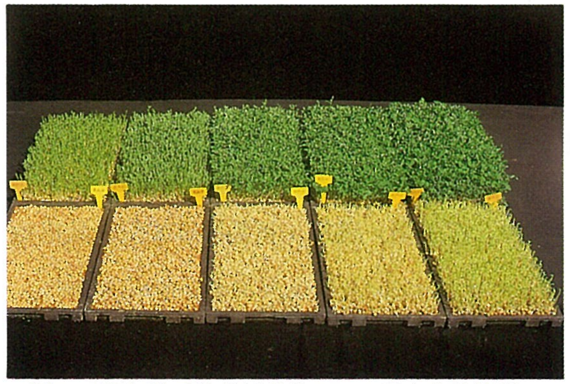
圖7. 綠色豌豆芽菜播種後 0～9 天之生長情形。

圖8. 綠色豌豆芽播種後 1～9 天之生長情形。

(2)光照培育

光照培育期，晴天溫度為23～30℃之範圍內，遮一層遮陰網，可使芽菜較鮮嫩（圖 6）。但陽光不足時，仍以不遮陰為宜。光照培育時間之長短與室外氣溫有關，氣溫低於20℃時，需6-8天才能達採收標準（圖 7）。溫度愈低，需時愈長。中、高溫期（22～28℃）約 4 天即可採收。播種後由黑暗到光照培育之生長情形見圖 7、8 。

(3)種子乾物重之變化及轉移

豌豆種子自發芽開始，乾物重即開始部份轉移到根和地上部的幼苗上。芽菜採收時，仍有約45%的乾物重保存在種子內。地上部僅佔總乾物重的18.63%。採收時，全株及種子的總乾物量為為豆子乾物重的75%左右，可見芽菜培育中並無淨生長，而實際上約有25%的養分消耗。

(五)芽菜採收及貯藏

芽菜長到10～12公分時為理想的採收時間，超過此一高度，幼苗基部纖維量迅速增加，採收部位必須提高，因此對產量並無多大幫助。且卷鬚出現後，可能有礙於食用時的口感。採收後的豌豆芽菜宜保存於25℃以下，儘早食用為宜。在 5℃下保存，芽菜品質優於保存於25℃者。

四、討論與結論

目前一般栽培者是以澳洲進口之食品級 Dun pea 作為種子，生產綠色芽菜。其價格不高，每公斤價格在15元上下。種子經一次精選，去掉破碎及不太飽滿的粒子後，發芽率皆在85%以上，頗適合供芽菜生產之用。且 Dun pea 種子發芽迅速，幼苗尚粗壯，種子也不易腐爛，是其優點。法國大莢無論芽菜產量或品質均佳。唯本試驗係採用種子級的種子，價格高出4～5倍。若能尋求價廉之食品級來源，亦屬合宜。成熟時種皮呈黃白色或綠色之豌豆品種供作芽菜培育時，多半容易腐爛。紅褐色之品種則無此缺點，可能是因種皮內含有某種成份，如單寧酸，會抑制微生物的生長所致。種子直徑大於 7mm 者，有 FM-010, Marrowfat 和 Perfection Dark Skin 等三個品種，而三者恰好都非紅褐色種子。種子大小是否亦與腐爛率相關，由本實驗之數據，尚無法認定。種子大小與芽菜產量之關係亦難判定。

種子浸種時，會吸收水份供發芽之用。一般豆類種子吸水 60～80% 即足夠發芽（Prokof′ev et al., 1983）。本試驗所得之數據顯示，浸水 6-8 小時的豌豆種子吸水已達總重量之60～70%。浸水 12 小時以上，吸水量則超過 80%，對種子發芽之促進應無多大助益，且種子滲漏值增加，尤其是褐熟級種子滲漏值平均高於綠熟種子。同品種內種子顏色不同，滲漏值不同的現象在其他豌豆品種也有報導（Short & Lacy, 1976）。同品種內，滲漏值高的種子，活勢較差（Hosnedl & Behal, 1984）。此多少說明了褐熟種子芽菜產量較低之原因。品種間則種皮光滑者較皺縮者滲漏值高（Fowland & Gusta, 1977）。本實驗中 White pea 及 FM-008 兩品種種皮較光滑，種子腐爛率亦相對提高。此乃因滲出物中含有醣類、鹽類、氨基酸等成份，易招致微生物滋長之故（Short & Lacy, 1976）。

種子浸種時間過長，也會降低種子氧氣的吸取量，雖然豌豆種子吸水初期所需氧量不高，但提高氧的分壓，仍可促進其發芽速率（Al-Ani et al., 1982）。除此之外，種子浸水時間愈久，種皮破裂、脫落之比例提高，會造成種子滲漏和腐爛情形之增加（Short & Lacy, 1976）。

硬實種子的種皮，因水份和氧氣之滲透較差，使發芽減緩（Come, 1975）。但綠色 Dun pea 之硬實種子發芽仍較紅色者快，此再次顯示同品種內種皮顏色與種皮構造、滲漏值高低及種子活勢均相關，而間接影響芽菜的產量。

在播種介質的研究中，培育豌豆芽理想的介質應具備價廉、容易取用、不含有害成份、不帶病蟲害、可供應適當水份與空氣供種子發芽生長等條件。且用畢之介質最好是容易處理、不會造成環境污染為原則。現業者常用之泡綿，有不明成份及環境污染之雙種問題，雖然其保水力強，使用效果好，但若能添加定時灑水設備，應考慮改用其他材料。在本實驗中，許多材料之效果都不錯，如吸水紙、粉碎玉米穗軸、鋸木屑粉、蛭石等。甚至在無介質狀況下，若水份供應不成問題，也不失為好方法。至於該選用何種介質，除了有害物質及污染問題必須重視外，主要以經濟和方便性之考量為主。

豆類的幼芽富含7.0～8.7%蛋白質，0.8～1.5%脂質，2.4～3.1%纖維素，10.7～22.7%醣類和0.7～1.4%之灰分，每百公克熱量為80～128千卡（Chen et al., 1975），是很好的健康食品。其中白色綠豆芽和黃豆芽所食用的部位為其短粗的下胚軸和尚未張開的子葉。豌豆苗卻是食用其上胚軸和真葉，子葉則仍留在種皮內。在短短的十天左右之培育期間，子葉的貯藏養分仍未完全用盡，此由乾物重尚殘存45%於種子內即可明瞭。此部份的養分如何再有效利用為飼料、堆肥，或使其加速轉移到幼苗生長，仍值得研究。

五、參考文獻

1. Al-Ani, A., J. M. LeBlanc, P. Raymond and A. Pradet. 1982. Effect of oxygen partial pressure on the germination rate of fatty and starchy seeds: the role of fermentative metabolism. Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de I'Academie des Sciences III 295: 271–274.
2. Chen, L. H., C. E. Wells and J. R. Fordham. 1975. Germinated seeds for human consumption. J. Food Sci. 40: 1290–1294.
3. Come, D. 1975. Role of water, oxygen and temperature in germination. Univ. Pierre et Marie Curie, Gauthier-Villars 27–44. (Abstract)
4. Hosnedl, V. and J. Behal. 1984. Use of the individual conductometric test for seed vigor determination in peas. Wissenschaftliche Beitrage, Martin-Luther-Universitat Halle-Wittenberg No. 53: 119–134.
5. Prokofév, A. A., N. V. Obrucheva, L. S. Kovadlo, L. K. Kulieva and I. S. Kozhemyakina. 1983. The critical level of seed water content for initiation of germination. Fiziologiya Rastenii 30: 178–183. (Abstract)
6. Rowland, G. G. and L. V. Gusta. 1977. Effects of soaking, seed moisture content, temperature and seed leakage on germination of faba beans (*Vicia faba*) and peas (*Pisum sativum*). Can. J. Plant Sci. 57: 401–406.
7. Short, G. E. and M. L. Lacy. 1976. Carbohydrate exudation from pea seeds: effect of cultivar, seed age, seed color, and temperature. Phytopathology 66: 182–187.

討　論

高德錚（台中區農業改良場）問：

國外生產芽菜時常使用次氯酸鈣 700ppm 來消毒器皿而非用來種子消毒用，請問0.5%的次氯酸鈣消毒種子30分是否會造成殘留或危害種子發芽？

何偉真（種苗改良繁殖場）答：

以食品級0.5%次氯酸鈣消毒種子30分，8天後採收經過多次澆水後產品應無安全顧慮，因次氯酸鈉易造成毒害只推薦用來消毒容器。

廖芳心（桃園區農業改良場）問：

豌豆芽生產夏季高溫是個障礙，若欲周年生產該如何克服？

何偉真（種苗改良繁殖場）答：

夏季生產已不是問題，因較具規模的業者，以立體栽培方式，再加上空調催芽，和適當的遮陰降溫即可在夏季生產，在成本上，仍具有其經濟效益。

鄔錫正（桃園縣政府）問：

芽菜採收後殘存部分（下游產品）是否有更好的利用途徑？

何偉真（種苗改良繁殖場）答：

無公害介質可連同殘留物作堆肥，或是轉洽畜牧業當飼料。

蔡尙光（台北市）問：

紫外線來進行消毒是利用怎麼樣的一個系統來照射？

何偉真（種苗改良繁殖場）答：

一定厚度的水經過某一強度之紫外線照某一段時間可達到消毒目的，而在水流之某部份，照射紫外線可抑制長青苔，而鮮花保鮮處理上，亦可用紫外線進行消毒。

STUDY ON PRODUCTION OF PEA SPROUT

Wai-jane Ho, Pan-kong Huang, Cheng-hsiung Lin**
Associate Horticulturist, Associate Horticulturist, Research Assistant Research
Department, Taiwan Seed Improvement and Propagation Station

ABSTRACT

The experimental data revealed that the Australian Dun pea was cheap and good for green pea sprout production. Pea seeds of four hundred grams, soaked in running water for 6–8 hours, disinfected by 0.5% calcium hypochlorite, were sown in 60 x 30 x 3 cm rice seeding tray for germination. The trays with seeds in were firstly kept in dark at 23 ± 3°C in incubator for 4 days. Then, they were transeferred to greenhouse where one layer of 75% black shading material was used to decrease the light intensity and temperature. The greening of etiolated pea sprout in light condition took 4–6 days in greenhouse for the formation of chlorophyll and the expanding of young leaves. The green sprout was harvested when it reached the height of 10–12 cm. The harvest index for per gram of dry seed was 1.63. The growth and yield of sprout were related to the temperature, seed soaking time, seeding rate, growing media, seed quality, dark and light culture periods, but not to the size of seeds. The high quality green pea sprout produced had better be consumed as soon as possible after they were harvested.